Der Anteil der elastischen und muskulären Elemente an dem Aufbau der Arterienwand

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Medizinischen Doktorwürde

der

Hohen Medizinischen Fakultät

der Ruprecht-Karls-Universität zu Heidelberg

vorgelegt von

Lane Medical Library

Karl-Heinz Pröbstel

1938

Pilger-Druckerei G. m. b. H., Speyer a. Rh.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Heidelberg.

Dekan: Prof. Dr. Runge.
Referent: Prof. Dr. Achelis.

Der Anteil der elastischen und muskulären Elemente an dem Aufbau der Arterienwand.

Disposition:

A. Allgemeines über die Verteilung der Gewebe in der Arterienwand. 5

B. Der Anteil der elastischen und muskulären Elemente in der Wand 6

1. der praekapillaren Arterien oder Arteriolen 6

2. der kleinen Arterien bis zur Größe der art. radialis für die obere Extremität, der art. dorsalis pedis für die untere Extremität, der aa. gastricae für die Bauchhöhle, der art. intercostalis für die Brusthöhle und der art. occipitalis für den Kopf 6

3. der mittelgroßen Arterien: art. tibialis, art. poplitea, art. iliaca externa, art. radialis, art. axillaris, ... 7

4. der Aorta 9

5. der anderen großen Arterien 11

6. der Arterien des Herzens 12

7. der Arterien des Lungenkreislaufes 13

8. der Arterien des Gehirns und der Schädelhöhle überhaupt . . 14

9. der Arterien der Niere und der Leber 15

10. der Penis- und Nabelarterien 16

11. der Arterien bei Verzweigungen und Astabgaben derselben. . . 16

C. Änderungen des Anteils an elastischen und muskulären Elementen, durch Lebensalter und Alterserscheinungen bedingt. 17

A. Arterien teilt man schon ganz grob nach dem Mengenverhältnis der muskulösen und elastischen Bestandteile, in einen elastischen und muskulösen Typus ein. Zur ersten Gruppe rechnet man Aorta, art. subclavia, art. carotis communis, art. iliaca und art. axillaris, zur letzten die kleineren Arterien.

Die großen Arterien erscheinen auf ihrer Innenfläche wegen ihres elastischen Gehaltes makroskopisch gelb, gegenüber den graurötlichen vom muskulösen Typus.

Die Wand der großen Arterien ist aus Stützgewebe mit vorherrschend elastischen Substanzen ausgestattet, weil die Widerstandsfähigkeit der Wandung in der Nähe des Herzens am bedeutendsten sein muß; es wird ja mit jedem Herzschlag stoßweise ein intensiver Druck auf die Innenwand der Gefäße ausgeübt. Die mittleren Arterien besitzen, in peripherer Richtung zunehmend, vorwiegend Muskeln, weil sie durch Kontraktion der Gefäßwand die Blutgeschwindigkeit aktiv regeln müssen, da mit der Zunahme der Entfernung vom Herzen der Blutstrom verlangsamt wird.

Gegenüber dieser groben Unterscheidung steht die feinere Zusammensetzung der drei Wandschichten und deren wechselnder Anteil an elastischen, muskulösen und Bindegeweben.

Maßgebend für die wechselnde Verteilung der Gewebe auf die Gefäßwand kann vor allem die Größe des Gefäßes oder die Entfernung vom Herzen sein. Weiter die Beanspruchung der Wand durch geringeren oder stärkeren Blutdruck, ebenso durch Dehnung und Biegung, denen die Arterien durch Glieder- oder Darmbewegungen ausgesetzt sind. So ist z. B. die Adventitia der Hirnarterien arm an elastischen Elementen, weil die Gefäße vor äußerem Längszug geschützt sind, während die Eingeweidearterien durch große Mengen elastischer Längsfasern in ihrer äußeren Wandschicht ausgezeichnet sind. Außerdem können die Verhältnisse sich ändern bei Druck von Nachbarteilen, besonders durch Knochen und Muskeln. Die Media ist dann oftmals reicher an elastischen Elementen.

Bonnet (5) und Braus nehmen an, daß bei Arterien, durch Druck von Skelettmuskeln bedingt, die Muskularis verdickt sei.

Weiterhin ändert sich der Aufbau der Wand an Gefäßkrümmungen, Astabgaben und Verzweigungen.

Zuletzt ist natürlich der Anteil der elastischen und muskulären Elemente abhängig vom Alter des Individuums.

Folgende Angaben beziehen sich, wenn nichts anderes angegeben ist, auf Individuen von mittlerem Lebensalter.

B. 1. Bei den praekapillaren Arterien besteht die Intima nur aus der nackten Endothelschicht, der die Elastica interna aufliegt. Die Media setzt sich zusammen aus einer oder zwei bis drei Lagen glatter Muskelfasern von geringer Größe, von sehr spärlichen, feinsten elastischen Fasern umgeben. In der Adventitia findet man, neben longitudinal verlaufenden Bindegewebsfasern, feine elastische Elemente.

Die geschilderten Verhältnisse können sich bis zu den Arterien von 80 μ Durchmesser erhalten. Dabei werden die Fasern der Elastica interna stärker und die Muskelzellen länger und dicker, ohne daß die Zahl der Schichten zunimmt. Die einzelne Muskelfaser, die bei den kleinsten Gefäßen dieser Gruppe eine Länge von 20 μ besitzt, wächst bei den größeren bis zu 80 μ heran. Mit zunehmendem Umfang des Arterienrohres erfolgt somit eine Verlängerung und Kräftigung der Einzelfaser.

2. Bei den kleinen Arterien wird die Zahl der Muskelschichten und der sie begleitenden elastischen Fasern mit zunehmendem Kaliber vermehrt. Dies geschieht durch Verstärkung der Elastica interna und durch Zunahme der Adventitiafasern. Erstere bekommt im Mittel eine Dicke von 2 μ. Außerdem entsteht jetzt eine äußere elastische Haut, die Elastica externa.

Eine Arterie von 80 μ Durchm. enthält	1—2	Muskelschichten
eine Arterie von 130 μ	3—4	„
die art. cerebri ant. zeigt	13	„
„ art. occipitalis	15	„
„ art. gastrica sinistra	20	„
„ art. radialis	30—33	„

in der Media.

Die Media weist also mit steigendem Kaliber immer mehr Muskelzellen auf. Im engen Anschluß an die Muskelfasern wird die mittlere Schicht von einem elastischen Faserwerk durchsetzt, dessen Fasern relativ dünn sind und sich entsprechend der Zunahme der Muskelzellschichten vermehren, sodaß an den in Rede stehenden Arterien das Mengenverhältnis von elastischen und Muskelfasern ungefähr gleich bleibt, ob man eine drei- oder dreißigschichtige Media vor sich hat. Im letzten Falle werden einige Fasern etwas kräftiger.

In der Media der Hirnarterien findet man allerdings weniger elastische Fasern als der Menge der Muskulatur entsprechen würde, dafür aber eine besonders dicke Elastica interna und circuläre Adventitiafasern bei den größeren Arterien.

Eine Zunahme des elastischen Gewebes über das oben als Norm aufgestellte Maß findet sich bei den mannigfaltigen krankhaften Veränderungen der Gefäßwand, z. B. bei Arteriosklerose, zusammen mit einer elastischen Hyperplasie der Intima.

Fallen äußere Dehnungen fort, wie in der Schädelhöhle, oder sind die Arterien fest in ihrer Umgebung eingelassen, so ist eine Adventitia nur schwach entwickelt. Dagegen besitzen die Arterien der Bauchhöhle eine starke äußere Schicht mit längsgestellten elastischen Fasern, ebenso die Lungenarterien, die art. lingualis und die art. dorsalis pedis. Bei diesen Gefäßen kann in der Adventitia die elastische Längsfaserung bei starker Ausbildung einen dichten Mantel um die Media bilden und so die Adventitia in einen inneren elastischen und einen äußeren lockeren Teil mit weniger elastischen Elementen zerlegen.

Verstreute, längsverlaufende, glatte Muskelfasern kommen in der Adventitia folgender Arterien vor: der Arterien des Hilus ovarii, allerdings nicht immer zu finden, dann aber regelmäßig an den Penisarterien, vor allem art. profunda penis, in den Arterien des Samenstranges und in der art. lingualis. Relativ starke Muskelbündel finden sich in der äußeren Wandschicht der aa. arcuatae der Niere. In den Hirnarterien ebenso in den Darm- und Fingerarterien sind sie verstreut vorhanden. Letztere sind äußerst muskelstark, entbehren aber der Elastica externa.

3. Bei den mittelgroßen Arterien überwiegt die Muskulatur stark in der Media.

Die art. tibialis ant. besitzt	33—38	Muskelzellschichten
die art. poplitea	35—40	„
die art. iliaca externa kurz nach ihrem Ursprung	35—40	„
die art. radialis	27—30	„
die art. axillaris	30—35	in ihrer Media.

Die Entwicklung der Mediamuskulatur findet im Bereich der mittelgroßen Arterien ihren Höhepunkt. Mit zunehmendem Kaliber entfaltet sich das elastische Gerüst stärker. Die ringförmig verlaufenden Anteile verdicken sich. Eine Zunahme der Zahl der Fasern im Verhältnis zur Muskulatur ist weniger ausgesprochen. Aber das Bindegewebe zeigt in den größten Arterien dieser Gruppe eine Zunahme. In den inneren Abschnitten der Media kann das elastische Gerüst stärker hervortreten, von v. Möllendorf (9) an einer art. lienalis beobachtet. Dagegen kommen auch Arterien von sog. hybridem Typ (Argaud) vor, bei denen in der äußeren Mediahälfte die stärksten elastischen Elemente sitzen. Nach Hiroshi Aihara (1919) (1) ist dies im Anfangsteil der art. brachialis der Fall. Diese elastische Grenzschicht verbindet sich, nach ihm, peripherwärts mit der Elastica externa, indem sie immer mehr von der dicker werdenden Muskelschicht nach außen verdrängt und dünner wird. Die stärkste Ausprägung des elastischen Gerüstes in der Media dieser Arteriengruppe ist die Ausbildung von elastischen Membranen, die mit dem übrigen elastischen Netz, auch mit dem der Intima und Adventitia in Verbindung stehen.

Zwischen der elastischen Innenhaut und dem Endothel findet sich ein Geflecht elastischer Fasern, untermengt mit kleinen kollagenen Fasern. Die Elastica interna ist stellenweise doppelt vorhanden und unterbrochen. Die Lücken sind mit einem weitmaschigen, elastischen Netz ausgefüllt.

Muskulöse Elemente in der Intima sind festgestellt worden an Abgangsstellen von Ästen und zwar regelmäßig, weiter bei der art. axillaris, femoralis, poplitea, hepatica und lienalis; an den Astabgängen der aa. renalis und mesenterica nicht regelmäßig. Wichtig ist dann noch die Aufspaltung der Elastica interna und die vermehrte Einlagerung von elastischen und muskulären Elementen in der Intima, am Scheitel von Gefäßkrümmungen, was mit großer Regelmäßigkeit vorkommt. Es ist als Verstärkung dieser vom Blutstrom mehr beanspruchten Stellen zu deuten.

Die Adventitia der mittelgroßen Arterien: Im inneren Teil dieser Schicht finden sich in der Mehrzahl elastische Fasern, die im einzelnen sehr kräftig sind und äußerst dicht stehen. Nach innen stehen sie mit der meist vorhandenen, aber schwachen elastischen Membrane in Verbindung. Nach außen verlieren sie sich allmählich in dem vorherrschenden Bindegewebe.

Diese Anordnung trifft zu bei der art. dorsalis pedis, art. poplitea, art. iliaca externa, art. radialis und brachialis.

Je größer die äußere Dehnung der Gefäßwand, um so stärker ist die elastische Innenschicht der Adventitia ausgebildet. Am meisten bevorzugt in der Hinsicht ist die art. poplitea; bei der art. axillaris ist diese Schicht schon spärlicher.

Die art. mesenterica sup. besitzt zahlreiche elastische Elemente in der Innen- und Außenzone der Adventitia. Hier sind die Elemente der Innenschicht zu konzentrisch geschichteten Platten verdichtet.

Die art. tibialis ant. besitzt wenig elastische Fasern in der Adventitia, da sie in ihrer Umgebung fast unverschieblich eingelassen ist; ebenso die art. vertebralis im Wirbelkanal und die art. lienalis, soweit sie im oberen Pankreasrand eingebettet ist. In ihrem weiteren Verlauf treten starke elastische Längsfasern auf.

Bei der art. iliaca int. ist der Anteil der elastischen Adventitiafasern ein viel geringerer als bei der art. iliaca externa.

Muskuläre Elemente finden sich zerstreut in der äußeren Adventitia bei den aa. iliacae, bei der art. renalis und lienalis, auch mesenterica sup. und vertebralis. Bei der art. lienalis und dorsalis pedis trifft man schon in der Innenzone Muskelbündel an.

4. Aorta. Geht man vom Bau der mittelgroßen Arterien aus, so lagern sich bei den großen Arterien die elastischen Elemente immer dichter und die Muskelfasern zwischen ihnen werden allmählich schwächer. In der subendothelialen Zone der Aortenintima befinden sich außer kollagenen Fasern nur ganz feine elastische Netze, die sich nach der Media zu verstärken und dann Muskelzellen enthalten.

Diese elastisch-muskulöse Schicht soll, nach Thoma, in allen Arterien der Nabelblutbahn vorkommen, auch in der Aorta descendens; in der aorta ascendens sei sie nur schwach entwickelt mit Ausnahme des Teiles oberhalb der Klappen.

Nach Bardeleben besteht diese Schicht in der aorta descendens aus einer oder auch mehreren Reihen von Muskelfasern.

Die einheitliche elastische Grenzhaut fehlt.

Hilpert will in der Aorta sowie in der art. carotis unter dem Endothel zwei oder mehrere elastische Membranen gesehen haben.

In der Media, die ungemein reich an elastischen Elementen ist, finden sich zahlreiche, ganz solide oder streckenweise gefensterte elastische Häute, die eine Menge feiner Fasern in die Zwischenräume entsenden; außerdem kommen dichte Netze mit sehr kräftigen Einzelfasern vor.

Die Zahl der elastischen Häute beträgt 40—60; sie sind am regelmäßigsten in der Bauchaorta entwickelt. Durch die ganze Dicke und Länge der Aortenwand ziehen elastische Fasern, die sich da und dort zu Bändern verdichten.

Zwischen den Häuten liegen die Muskelfasern, die sich wieder verästeln und zu Netzen verbinden. Zwischen je zwei elastischen Membranen liegt eine Lage Muskelfasern, also beträgt die Zahl der Muskelzellschichten ungefähr 20—30.

An der Ursprungsstelle der Aorta, wie der art. pulmonalis, kommt eine kurze Strecke lang so gut wie gar keine Muskulatur vor.

In der Bauchaorta nimmt, mit wachsender Entfernung vom Herzen, die Zahl der elastischen Häute ab, und ihre Entfernung voneinander wird größer. Das interlamelläre Faserwerk dehnt sich über einen größeren Raum aus. Die Muskelzellen kräftigen sich, indem die Einzelfaser an Größe zunimmt.

Nach Sato (1926) finden sich im untersten Teil der Aorta nur noch 20 Lamellen.

Den restlichen Teil der Aortenmedia macht ein spärliches Bindegewebe aus, das als kollagenes Fasergerüst die Lücken und Spalten des elastisch-muskulösen Netzes ausfüllt.

In der Adventitia fällt der Hauptanteil an kollagene Fasern, vasa vasorum, Nervenfasern und Fettzellen.

Die Elastica externa fehlt hier, wie auch den übrigen großen Arterien. Die elastischen Elemente durchziehen longitudinal als derbe starke Fasern diese Schicht; an einzelnen Stellen verdichten sie sich und ziehen in Begleitung von glatten Muskeln nach außen, zur Haftung an umgebende Organe. Die elastischen Elemente werden gegen das Ende der Aorta zu immer häufiger.

Dann finden sich hier, wie auch in der Adventitia der art. coronaria, lienalis, renalis und dorsalis penis, an Stellen, wo Äste abgehen, feine longitudinal verlaufende Muskelbündel.

5. Ähnlich wie bei der Aorta liegen die Verhältnisse bei der art. carotis communis, art. anonyma, subclavia, dem Truncus thyreocervicalis, den ersten Abschnitten der art. iliaca communis, carotis int. vertebralis und mammaria int. Der Übergang zu diesen sogenannten muskulösen Arterien ist meist fließend.

Hiroshi Aihara (1) nimmt makroskopisch den Übergang vom elastischen zum muskulösen Typus wahr: bei der art. carotis communis, an der Teilungsstelle der interna und externa; — bei der art. iliaca communis, oberhalb der Teilungsstelle und zwar auf der Seite der art. iliaca externa, die Internaseite ist noch nicht gleich rein muskulös — bei der art. brachialis, in der Abgangsstelle der art. profunda brachii.

Bei den Eingeweidearterien ist der Übergang nach Argaud (1908) unvermittelt.

Die großen Gefäße, die der Aorta entspringen, besonders die in der Nähe des Herzens, besitzen ein elastisches Anfangsstück, d. h. der Anteil des elastischen Gewebes überwiegt.

In der Media der art. subclavia finden sich nach Untersuchungen von Grünstein ungefähr 40 elastische Lamellen; bei der art. carotis communis 46. Diese nehmen distalwärts gegen die Teilungsstelle in interna und externa hin allmählich in ihrer Zahl ab. Man kann noch deutlich die lamellöse Struktur bis dorthin verfolgen, die aber dann bald nach der Teilung der überwiegenden Muskulatur Platz macht.

Bei der art. subclavia ist die Muskulatur an der inneren Mediagrenze stark entwickelt.

In der Intima der art. iliaca communis beträgt der elastische Anteil sozusagen die Hälfte. Die Elastica interna besteht aus zwei Lamellen, deren innere doppelt so stark ist. In der interlamellären Schicht sehen wir hauptsächlich Bindegewebe mit wenigen elastischen Elementen in Rings- und Längsrichtung. — In der Media wechseln eine Lage Bindegewebe mit einer Lage Muskulatur ab; im ganzen ungefähr je 15. In den Bindegewebslagen verlaufen die distalwärts weitmaschiger werdenden elastischen Fasern. Nach der Adventitia zu wird ihre Zahl vermehrt. Hier laufen sie dichtgedrängt nebeneinander und verbinden sich mit denen der Adventitia. In dem inneren Teil dieser Schicht sind die elastischen Elemente ungemein stark vertreten; sie verlieren sich sehr langsam nach außen, um dann eine Schicht mit vielen Muskelgruppen in den Vordergrund treten zu lassen. Größere Bündel davon sind von Bindegewebe, mit ela-

stischen Fasern durchsetzt, umschlossen. (Grünstein). Nach der Teilung in art. iliaca externa und interna, wird die erstere, wie schon oben erwähnt, ganz muskulös, während die letztere noch eine kurze Strecke reichliche feine elastische Fasern enthält und erst langsam in den muskulösen Typus übergeht.

Nachfolgende Tabellen enthalten Schätzungen nach Hürthle (8) (1923) über den Anteil der einzelnen Gewebe in der Media der:

	Muskeln	elast. Gewebe	Bindegewebe
Aorta	$^1/_3$—$^5/_{10}$	$^1/_3$—$^4/_{10}$; im Anfangsteil $^2/_5$	$^1/_3$—$^1/_{10}$ ($^1/_3$ üb. d. Klappen; $^1/_{10}$ vor d. art. iliaca)
art. carotis	$^{27}/_{40}$—$^{20}/_{40}$	$^3/_4$—$^{16}/_{40}$	$^5/_{40}$
Truncus brachiocephal.	$^2/_6$	$^3/_6$	$^1/_6$
art. subclavia	—	—	$^1/_5$—$^1/_6$
art. iliaca	—	—	$^1/_{15}$

6. Die Herzarterien gehen ohne längeres elastisches Übergangsstück zunächst als muskulöse Arterien aus der Aorta hervor.

Die Intima der Kranzarterien ist durch eine mächtige Längsmuskelschicht verdickt, die erst mit dem 30. Lebensjahr ihre volle Ausbildung erhält. Nach den feinen Ästen zu verliert sich langsam diese Verdickung und tritt nur noch an Gefäßabgängen auf.

Die Anfangsteile der rechten und linken Kranzarterie sind verschieden. In letzterer ist das Bindegewebe schwächer entwickelt, die elastischen und muskulären Elemente aber zahlreicher. Die elastischen Fasern der Media sind außerdem noch stärker als in der rechten Kranzarterie.

Die Media aller Herzarterien enthält Muskelfasern, die von elastischen Fasern begleitet werden, doch die Beziehungen zwischen glatter Muskulatur und elastischem Gerüst sind derart, daß eine sogenannte muskulöse Arterie vorliegt. — In der inneren Mediaschicht sind die elastischen Elemente dünner.

Eine Elastica externa ist nirgends vorhanden. In der Adventitia findet man, neben kollagenen Faserzügen, elastische Netze aus groben Fasern. Bei kleinen Arterien kommen nach Benninghoff (4) vereinzelte glatte Muskelzellen vor.

7. In den Arterien des Lungenkreislaufes treffen wir wegen des geringeren Blutdrucks und der Beeinflussung der Gefäße durch die Lungenbewegungen andere Verhältnisse an.

In der etwas schwächeren Intima der art. pulmonalis treten die Elemente im gleichen Verhältnis auf wie in der Aorta, nur etwas unregelmäßiger angeordnet. Die elastischen Häute der Media sind weniger stark und nicht so zahlreich wie in der Aorta; dafür findet aber eine starke Durchflechtung dieser Schicht durch ein schwächeres Faserwerk statt. Im Anfangsteil der art. pulmonalis sind die muskulösen Elemente stärker vertreten und die Einzelfasern dicker als im weiteren Verlauf.

Die Intima der großen Äste der art. pulmonalis ist dünn, eine subendotheliale Schicht fehlt meist. Nach Sato (1926) zeigt das elastische Gerüst der Media ungefähr 8—10 Lagen elastischer Lamellen, dazwischen spärliche Muskelzellen im Bindegewebe. (Von der schwachen Adventitia ziehen elastische Fasern in das Lungenparenchym, und so bildet das elastische Gerüst der Lunge mit dem der Arterien eine Einheit.)

In der immer mehr abnehmenden Media der mittelgroßen Äste der art. pulmonalis, von etwa 1 mm bis 100 μ Durchmesser, ist das elastische Gerüst stärker als das bei gleichgroßen Körperarterien. Es treten noch elastische Lamellen auf, die Muskulatur ist gering. Die Adventitia wird stärker durch Auftreten reichlicher elastischer Fasern und zum Teil auch Lamellen. Eine Elastica externa wird allmählich gebildet.

Bei Arterien unter 0,25 mm Durchmesser sollen nach Piana (1881) überhaupt keine Muskelzellen vorkommen. Bei den kleinen Ästen ist die Elastica interna ganz dünn und schwindet bei solchen von 40 μ Durchmesser. Nach Sato vereinen sich, bei Gefäßen von 90 bis 40 μ die Elastica interna und externa. Die Media fällt aus, dafür ist die äußere Wandschicht stark. — Die äußere Grenzhaut ist bis zu den Praekapillaren vorhanden.

Entsprechend dem geringen Blutdruck ist der Gebrauch von Material geringer als in den entsprechenden Gefäßen des Körper-Kreislaufes. Der Unterschied zwischen elastischen und muskulösen

Arterien ist im kleinen Kreislauf sehr verwischt. Die art. pulmonalis hat als Windkessel relativ mehr Muskulatur und die eigentlichen muskulösen Arterien mehr elastische Elemente.

Die Zunahme der elastischen Fasern in der Adventitia der kleinen Gefäße erklärt sich aus der stärkeren inspiratorischen Dehnung, der die kleinen Arterien ebenso wie die Bronchien ausgesetzt sind.

8. Die Arterien des Gehirns und der Schädelhöhle überhaupt sind sehr arm an elastischen Elementen, man rechnet sie zu den Arterien vom muskulösen Typus. In der subendothelialen Schicht treten gelegentlich längsverlaufende Muskelfasern auf. Die innere Grenzhaut ist sehr kräftig, ungefähr 2—3 μ dick. Sie ist bis zu den Arterien von 2 mm Durchmesser eine homogene Membran mit kleinen Fenstern. Diese werden dann allmählich größer, bis sich die ursprüngliche Membran in ein Fasernetz aufgelöst hat. — Die Elastica interna ist stärker als die gleichgroßer Körperarterien und das Verhältnis, in dem die Dicke der elastischen Membran zur Dicke der Mediamuskulatur steht, ist bei Gehirnarterien erheblich größer (Triepel 16).

Besonders hervorzuheben ist die mit dem Alter vorschreitende Spaltung der inneren elastischen Platte in zwei oder mehrere Lamellen. Zuerst tritt dies an Abgängen von Seitenästen auf.

Der Hauptanteil der Media fällt der Ringmuskulatur zu, die in einer Dicke bis zu 20 Lagen auftritt und deren einzelne Fasern von dünnen Bindegewebshäutchen umscheidet sind. Die elastischen Elemente sind spärlich und dünn, in der äußeren Hälfte etwas reichlicher vorhanden. — Bei Astabgängen werden sie meist noch spärlicher oder verschwinden bisweilen ganz. (Triepel 16). Ebenso verlieren sie sich langsam mit dem Kleinerwerden der Gefäße. Eine Elastica externa fehlt.

Die schwache Adventitia besteht in der Hauptsache aus Bindegewebe, durch das vorzüglich im inneren Teil elastische Fasern verlaufen, nach außen werden sie geringer.

Die Adventitia ist so schwach, weil die Hirnarterien von äußeren Dehnungen bewahrt bleiben. Die geringen Dehnungen, die vom Blutdruck ausgehen, parieren sie mit der starken Elastica interna und der Media.

Bonnet (5) (1896) hat festgestellt, daß die Wand der Meningeamedia nach dem Eintritt in die Schädelhöhle schwächer wird. Sie verliert den Hauptanteil ihrer elastischen Adventitiafasern und zwar zuerst an der Knochenseite des Gefäßes, weil sie hier vor Dehnung

geschützt ist und dem Knochen anliegt. — (An diesen Stellen etwa auftretende arteriosklerotische Veränderungen prägen sich immer am stärksten aus.) Es wurden in der Gehirnsubstanz kleine Arterien gesehen, die nur noch eine zusammenhängende Schicht ringförmig verlaufender Muskelfasern, aber keine Spur von elastischen Elementen zeigten. Ebenso enthält die Adventitia der in der Pia mater verlaufenden Arterien keine elastischen Elemente mehr.

Die art. vertebralis sowie die anderen Gefäße in der Nähe des großen Hinterhauptloches zeigen eine Vermehrung und Verstärkung der elastischen Elemente wegen der stärkeren Beanspruchung durch die Kopfbewegungen.

Ähnlich wie die Gehirnarterien verhalten sich die art. centralis retinae und die Arterien der Dura mater. Die Arterien der choreoidea des Auges sind fast muskelfrei außer wenigen eigenartigen Muskelfasern.

9. Die aa. interlobares und arcuatae der Niere haben schon bei jugendlichen Individuen meist eine doppelte oder dreifache Elastica interna. Oppenheim (11) zählt in der Intima der art. interlobaris und arciformis 4—5 hintereinandergelagerte elastische Streifen, die von wenig lockerem Bindegewebe umsponnen sind.

Außerdem fällt an der äußeren Grenze der Media eine starke elastische Grenzschicht auf. Im übrigen Teil der Media kommen nur sehr dünne verstreute elastische Fäserchen in der vorherrschenden Muskulatur vor. Diese werden mit abnehmendem Kaliber immer seltener und verschwinden schließlich ganz. Nach Oppenheim (11) besteht die Mittelschicht bei einem 5 Wochen alten Säugling, je nach der Größe des Gefäßes aus 1—4 Lagen glatter Muskelzellen.

E. Zuckerkandl (1903) beschreibt an den Verzweigungsstellen der Arterien innerhalb des sinus renis verdickte Polster, die durch Verdickung des Endothels, durch Spaltung der Elastica interna und durch das Auftreten muskulöser Elemente entstehen.

Die Media der aa. lobares zeigt eine je nach dem Kaliber verschieden dicke Muskelschicht mit wenigen elastischen Fasern durchzogen. Nur an der äußeren Muskelgrenze findet sich ein aus dicht gestellten, groben Fasern bestehendes Netz. Von den aa. interlobares und arciformes bis zu den Stammgefäßen herab, ist eine Elastica externa verfolgbar. Das elastische Adventitianetz ist sehr feinfaserig.

Die Arterien der Leber sind sehr reich an kontraktilen Elementen, da sie durch Veränderung ihres Lumens den höheren Druck des Arteriensystems dem der Pfortader anpassen müssen. In den größeren

Ästen der art. hepatica wurden, außer der äußerst kräftigen Media-Muskulatur, von W. Pfuhl in der Intima einseitig gelegene Muskelstreifen gesehen.

10. Bei den Penisarterien trifft man eine sehr dicke Intima an, deren innere Hälfte hauptsächlich aus elastischen Elementen besteht. Nach außen überwiegen die muskulösen Anteile.

Die Media ist vorwiegend aus Muskeln und elastischen Fasern zusammengesetzt. Das elastische Gerüst der äußeren Wandschicht ist schwach ausgebildet, doch ist dies bei den einzelnen Gefäßen sehr unterschiedlich.

Die Arterien der Albuginea und des corpus cavernosum urethrae weisen zahlreiche elastische Fasern und keine Muskelzellen auf, während bei den übrigen Gefäßen weit weniger elastische, dafür aber reichlich muskulöse Elemente vorkommen.

Es treten halbmond- oder ringförmige Verdickungen auf, in Form von Leisten, die mehrere Millimeter lang sind.

Im Stamm der art. pudenda interna und art. penis treten niedrige Leisten auf, die in der Hauptsache aus Bindegewebe und elastischen Elementen, wenigen Muskelfasern, bestehen. Andere Wülste und Leisten der art. dorsalis und profunda penis enthalten nur von elastischen Fasern umschlossene Muskeln.

Ähnliche Polster aus Längsmuskeln hat man bei den Nabelarterien und den aa. labiales ant. entdeckt. Zuckerkandl beschreibt solche Wülste aus Muskeln und elastischen Fasern in den aa. prostaticae. Kull fand sie in den Arterien der tiefen Hautschichten und den Bronchialarterien.

Bei den Nabelarterien ist das Gerüst sehr gering ausgebildet. Die Intima der art. umbilicalis ist durch eine öfters unterbrochene, gefensterte Membran von der Mittelschicht getrennt. Letztere besitzt, nach innen zu, eine nicht gleichmäßige Lage Längsmuskeln, die von reichlich elastischen Fasern und auch Membranen durchzogen ist.

Die nach außen folgende Ringmuskelschicht ist viel stärker, entbehrt aber der elastischen Elemente; die Zwischenräume werden von einem spaltenreichen, wabigen Bindegewebe ausgefüllt. Die Intima der Ovarialarterien zeigt, nach Paladino, eine starke Schicht Längsmuskeln.

11. Bei Verzweigungen und Astabgaben treten wieder besondere Verhältnisse auf. Vor der Abgabe eines größeren Astes verdickt sich die Intima und Media des Hauptgefäßes durch Zunahme der

muskulösen Elemente. Nach der Abgabe vermindern sich nach Baum und Thienel plötzlich die elastischen Fasern.

Bei arterio-venösen Anastomosen ist die Wand 2—3 mal so dick wie die gleichweiter anderer Arterien. Bei Beginn der Anastomose zeigt sich eine starke gebündelte Längsmuskelschicht unter dem Endothel und eine geringe Mediamuskulatur. Erstere kann im weiteren Verlauf der Anastomose auf größere Strecken fehlen. Hie und da werden auch einzelne elastische Elemente in der Mittelschicht gesehen. Eine kleinzellige, unregelmäßige Schicht vertritt die Stelle der fehlenden Elastica interna. Streckenweise besteht ein anastomotisches Gefäß nur noch aus muskulären Elementen. Der Übergang zur Vene erfolgt allmählich: die elastischen Fasern schwinden und die Muskelzellen werden kürzer und breiter. — Der übrige Teil der Wand besteht aus zartem Bindegewebe.

C. Nach Grünstein (6) nimmt die Dicke der Aortenintima vom Neugeborenen bis zum Erwachsenen durch Auftreten von neuen Bindegewebslagen und elastischen Elementen zu. Ebenso nimmt die Muskulatur der Media sowie das kollagene Bindegewebe erheblich an Menge zu, während die Zahl der elastischen Lamellen sich mit zunehmendem Alter nicht auffallend zu ändern scheint. Grünstein (6) hat 5 Individuen daraufhin untersucht und folgende Werte gefunden:

Beim Neugeborenen zählte er	38—44	elast.	Lamellen
„ 16 jährigen Manne	64—68	„	„
„ Erwachsenen (30 jähr.)	56—60	„	„
„ 50 jährigen Manne	60—78	„	„
u. bei einer 70 jähr. Frau	68—72	„	„ .

Aus diesen Ergebnissen geht hervor, daß sie großen individuellen Schwankungen unterworfen sind, aber von einer gesetzmäßigen Zunahme, wie es z. B. bei der Dickenzunahme der 3 Schichten der Fall ist, kann nicht die Rede sein.

Von Ebner hat ähnliche Resultate erhalten. Die bei der Geburt vorhandenen elastischen Lamellen erfahren mit der Zeit eine weitere Entwicklung und Volumenzunahme. (Grünstein 6.)

Nach Aschoff (2) tritt bei der Aorta und überhaupt bei den Arterien vom elastischen Typus die Veränderung der Intima in den Vordergrund. In der Media und Intima nehmen die bei Neugeborenen

vorhandenen Elemente im Laufe des Lebens an Stärke zu. — Nach Foster sollen die elastischen Elemente bis zum 35. Jahre wachsen und vom 50. Jahre an atrophieren. — Bei Kindern im Alter von 1, 2, 3 und 4 Jahren unterscheidet Aschoff (2) deutlich eine innere zarte Bindegewebslage, dann die elastisch hyperplastische und als äußerste die elastisch-muskulöse Schicht in der Intima. Die Entwicklung der beiden letzteren erreicht mit dem Ende des Längenwachstums und der Körperentwicklung ihren Höhepunkt. — Diese 3 Intimaschichten bekommen im 3. und 4. Jahrzehnt, wenn von krankhaften Veränderungen des Gefäßsystems noch keine Rede sein kann, eine, in gewissen Grenzen schwankende Dickenentwicklung. Nach Jores (9) zeigen erst die Überschreitungen dieser Maßverhältnisse, insbesondere das Wuchern des Bindegewebes, den Beginn der senilen Sklerose an.

Nach Stämmler (1924) kommen in der Media der art. renalis und lienalis fibröse Entartungen der muskulären Elemente vor; im 6. Jahrzehnt ist dies eine regelmäßige Erscheinung, bei der art. renalis stärker ausgeprägt. Nebenbei werden die elastischen Elemente auch rückgebildet. —

Oppenheim behauptet, daß mit zunehmendem Alter bei Nierenarterien eine starke elastische Intimahyperplasie auftritt. Sie ist schon bei Säuglingen an Verzweigungsstellen der Nierengefäße aufzufinden und wird dann immer ausgedehnter und mächtiger im ganzen Verlauf der Arterien.

Durch die senile Degeneration werden hauptsächlich die elastischen Elemente der Intima zerstört.

Bei den Arterien vom muskulösen Typus, besonders den Extremitätenarterien, erreicht das elastische Gewebe in der Intima und Media im Laufe des Lebens nicht das gleiche Maß wie bei dem anderen Gefäßtypus. Es bildet sich zwar eine relativ dünne hyperplastische Schicht, jedoch fehlt die elastisch-muskulöse Schicht oder ist nur an Gefäßabgängen zu finden. Die Entwicklung einer Bindegewebslage bleibt selbst im 3. und 4. Jahrzehnt aus.

Die muskulären Elemente der Media nehmen in besonders starkem Maße zu, während die elastischen Elemente zwar auch eine Wachstumsvergrößerung und -Vermehrung zeigen, aber nicht Lamellen bilden oder dem muskulären Anteil gegenüber in den Vordergrund treten. Schon in den ersten Lebensjahren nehmen die anfangs geringen elastischen Fasern der Adventitia erheblich und merklich an Zahl zu. Sie machen dann in späteren Lebensjahren, besonders bei Extremitäten- und Eingeweidearterien, den wichtigsten Bestandteil der Wand aus.

Nachdem nun die Gefäße der beiden Typen am weitesten differenziert sind, ihre volle Ausbildung erlangt haben, beginnen dann langsam mit dem Ende des 4. Jahrzehnts die charakteristischen Alterserscheinungen aufzutreten. Diese sind bei den beiden Gefäßtypen wieder grundverschieden. Als Beispiel für den elastischen Typus möge die Aorta gelten. Hier ist am meisten die Intima den Veränderungen unterworfen. Die mikroskopischen Untersuchungen von Marchand, Jores (9) und Voigt (17) haben gezeigt, daß es zunächst zu einer Hyperplasie der elastisch-muskulösen und der hyperplastischen, rein elastischen Schicht kommt. Ein zweites typisches Zeichen der senilen Veränderung ist das übermäßige Wachsen des Bindegewebes, das die anderen Elemente durch- und überwuchert und dann vorherrscht.

Mit diesem Prozeß geht eine Verfettung der 3 Elemente in der Intima einher. Im Anschluß an die fettige Degeneration kommt es dann zur Verkalkung.

Geringer sind die Veränderungen in der Media der Aorta. Aber auch hier können, infolge der Kompression durch die Intimaverdickung, die elastischen Lamellen sowie die Muskelfasern fast schwinden. Außerdem können regressive Vorgänge in der mittleren Mediaschicht die Elemente durch Verfettung und Kalkablagerung zerstören.

Bei den Arterien der Extremitäten beobachtet man vorwiegend eine Verkalkung der mittleren Wandschicht und zwar meist erst in höherem Alter. Es betrifft alle, besonders aber die muskulösen Elemente. Diese Mediaverkalkung hat man häufig bei Arbeitern festgestellt. Die angestrengte und dauernde Tätigkeit der Extremitäten wirkt als funktionelle Überanstrengung der peripheren Arterien, deren kontraktilen Elemente sich übermäßig, über das normale Maß, anstrengen müssen, und so auf die Dauer geschädigt und abgenutzt werden.

Fettige Veränderungen in der Intima wurden selten beobachtet, höchstens eine Verdickung, die bei den unteren Extremitäten in Verbindung mit der Mediaverkalkung zu den stärksten Verengerungen führen kann. (Die Folge können Thrombose und Verschluß werden, als Ursache der senilen Gangrän.)

Die Altersveränderungen der Hirnarterien bestehen in der Hauptsache in einer Hyperplasie des elastischen Intimagewebes. Diese Veränderungen beginnen schon im frühen Kindesalter und sind bald mehr, bald weniger ausgeprägt. In der Intima bilden sich nicht die für den muskulösen Typus charakteristischen 3 Schichten. Es tritt

lediglich eine hyperplastische Schicht in Erscheinung. Eine Neubildung von Bindegewebe zwischen diesem hyperplastischen, elastischen Gewebe findet nur in geringem Maße statt. Bemerkenswert ist, daß diejenigen Gewebselemente, die in dem jeweiligen Gefäßtyp die führende Rolle spielen, von denen die spezifische Funktion des betreffenden Gefäßes abhängt, die wichtigsten Alterserscheinungen erleiden.

Das Thema der vorstehenden Abhandlung ist von Herrn Dr. med. Karl Wezler, Privatdozent am Physiologischen Institut zu München, gestellt worden.

Literatur:

1. Aihara Hiroshi: Über den Übergang des elastischen in den muskulösen Typus in der arteriellen Gefäßwand. (Mitt. med. Fak. Tokyo 23 1919).
2. Aschoff A.: Über die Entwicklungs-, Wachstums- und Altersveränderungen an den Gefäßen vom elastischen und muskulösen Typus. (Jena 1909).
3. Benninghoff A.: Über das elastische Gerüst der Aorta. (Frankf. Anat. Anz. 66).
4. Benninghoff A.: Die Arterien (1930).
5. Bonnet R.: Über den Bau der Arterienwand. (München 1912, Verb. anat. Ges.)
6. Grünstein: Über den Bau der größeren menschlichen Arterien in verschiedenen Altersstufen. (Arch. mikr. Anat. 47 (1896)).
7. Hackel: Über den Bau und die Altersveränderungen der Gehirnarterien. (Virchows Arch. 266, 1928.)
8. Hürthle K.: Über die Beziehungen zwischen Durchmesser und Wandstärke der Arterien, nebst Schätzung des Anteils der einzelnen Gewebe am Aufbau der Wand. (Pflügers Arch. 200, 1923.)
9. Jores Leonhard: Arterien: Henke-Lubarschs, Handbuch der spez. path. Anatomie u. Histologie.
10. Ollendorff A.: Zur Frage der glatten Muskelfasern in der Intima der Aorta. (Anat. Anz. 38, 1911).
11. Oppenheim: Über den histologischen Bau der Arterien in der wachsenden und alternden Niere. (Frankf. Z. Path. 21, 1918.)
12. Schaffer: Lehrbuch der Histologie und Histogenese.
13. Schumacher: Lehrbuch der Histologie.
14. Sobotta: Lehrbuch der Histologie und mikr. Anatomie.
15. Stöhr: Lehrbuch der Histologie und mikr. Anatomie.
16. Triepel Herm.: Das elastische Gewebe in der Wand der Arterien der Schädelhöhle. (Anat. H. 22, 1896.)
17. Voigts Heinr.: Der Aufbau der normalen Aorta. (Inaug. Diss. Marburg 1904.)

Lebenslauf.

Geboren zu Cochem/Mosel am 12. Juli 1913. Besuch der Volksschule im 6. Lebensjahr. Eintritt in die Vorschule zum Gymnasium zu Völklingen/Saar im 7. Lebensjahr. Aufnahme in das Gymnasium nach 3 Jahren. Dort im Frühjahr 1932 Reifeprüfung. Beginn des medizinischen Studiums im Sommersemester 1932 an der Universität Jena, das 3. Semester in Innsbruck, das 4. in Berlin. Im Sommer 1934 ärztliche Vorprüfung an der Universität Heidelberg. Wintersemester 1934/35 und Sommersemester 1935 an der Universität München, die restlichen Semester an der Universität Heidelberg. Dort im Herbst 1937 ärztliche Staatsprüfung und im Frühjahr 1938 Promotionsprüfung.

PILGER
DRUCK